# Ueber den Einfluß des Gießens auf die Qualität von Flußeisen-Brammen

**Dissertation**

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

vorgelegt von

**Dipl.-Ing. C. Canaris**
aus Angerort bei Duisburg

Genehmigt von der Königlichen Technischen Hochschule zu Breslau

Referent: Professor Simmersbach.
Korreferent: Dozent Dr.-Ing. Oberhoffer.

Düsseldorf
Verlag Stahleisen m. b. H.
1911

43969

# Ueber den Einfluß des Gießens auf die Qualität von Flußeisen-Brammen

## Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

vorgelegt von

Dipl.-Ing. **C. Canaris**
aus Angerort bei Duisburg

ACAD. LAND. BAT. BIBL.

Genehmigt von der Königlichen Technischen Hochschule zu Breslau

Referent: Professor Simmersbach.
Korreferent: Dozent Dr.-Ing. Oberhoffer.

**Düsseldorf**
Verlag Stahleisen m. b. H.
**1911**

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549813_0072

Herrn Ingenieur **Edgar Widekind**

zu Düsseldorf

in Dankbarkeit zugeeignet.

# Vorbemerkungen.

Als „Gießen“ soll die gesamte Behandlung des Materials angesehen werden, die dasselbe zur Ueberführung vom flüssigen in den festen Zustand erfährt.

Unter Flußeisen sei hier ein Schmiedeisen verstanden, das im Martinofen oder in der Birne gewonnen wurde und nach dem Fertigmachen weder im Ofen, noch in der Pfanne einen Siliziumzusatz erhalten hat.

Als Brammen bezeichnet man Rohblöcke von rechteckigem Querschnitt, die zur Herstellung von Blechen benutzt werden.

Zum Gießen von Flußeisen und Stahl werden allgemein eiserne Gefäße von annähernd zylindrischer Form benutzt, die man als Gießpfannen oder kurz als Pfannen bezeichnet. Die Konstruktion einer solchen Pfanne, die für Chargen von rd. 35 t bestimmt ist, geht aus Abb. 1 bis 3 hervor. Durch Ausmauerung mit feuerfesten Steinen wird die Pfanne gegen die Einwirkung des flüssigen Eisens geschützt. Das Gießen selbst erfolgt nur im Notfalle durch Kippen der Pfanne über den Schnabel a; normalerweise geschieht es dadurch, daß man das Material aus einem im Boden der Pfanne befindlichen Ausguß b ausfließen läßt. Der Ausguß wird durch einen Stopfen c geschlossen, der am Ende der sogenannten Stopfenstange angebracht ist. Die Abmessungen einiger Stopfen und Ausgüsse, die auf verschiedenen Werken in Gebrauch sind, ergeben sich aus den Abb. 4 und 5. Sie werden aus feuerfestem Material von sogenannter Schamotte-Qualität hergestellt. Die Stopfenstange besteht aus Eisen und hat an ihrem unteren Ende ein Gewinde, auf das man den Stopfen aufschraubt; sie wird mit Schamotterohren, sogenannten Stopfenstangenrohren, bekleidet. Die Abmessungen eines Stopfenstangenrohres, das sich vorzüglich bewährt hat, sind aus Abb. 6 zu ersehen. Aus der Pfanne läßt man das Eisen in gußeiserne Formen laufen, die Kokillen genannt werden. Die Abmessungen einer Reihe von Kokillen, die zur Herstellung von Flußeisenbrammen dienen, enthält Abb. 7. Das Gießen erfolgt in vielen Fällen dadurch, daß man das Eisen direkt von oben in die Kokille laufen läßt; in diesem Falle spricht man von direktem Guß (s. Abb. 8). Häufiger als den direkten wendet man den sogenannten kommunizierenden Guß an, der in Abb. 9 dargestellt ist. Für den kommunizierenden Guß benötigt man, wie aus der Zeichnung ersichtlich, Gespannplatten, Trichter, Kanalsteine, Trichterrohre und Trichterhauben. Die Abmessungen eines Trichters, eines Trichterrohres, einer Trichterhaube und mehrerer Kanalsteine sind aus Abb. 10 zu entnehmen; derjenige Kanalstein, der sich direkt unter dem Trichter in der Mitte der Platte befindet, wird Königstein genannt.

Die Vorgänge bei der Ausführung des kommunizierenden Gusses, der für die Herstellung von Flußeisenbrammen hauptsächlich in Frage kommt, sind folgende: Die gefüllte Pfanne steht auf einem Gießwagen oder sie hängt an einem Gießkran. Die Ausflußöffnung der Pfanne wird genau über die Mittelachse des Trichters gebracht und dann die Stopfenstange gehoben. Infolgedessen ergießt sich ein Strahl flüssigen Eisens aus der Pfanne durch den Ausguß in den Gießtrichter. Vom Trichter aus verteilt sich das Metall durch den Königstein in die einzelnen

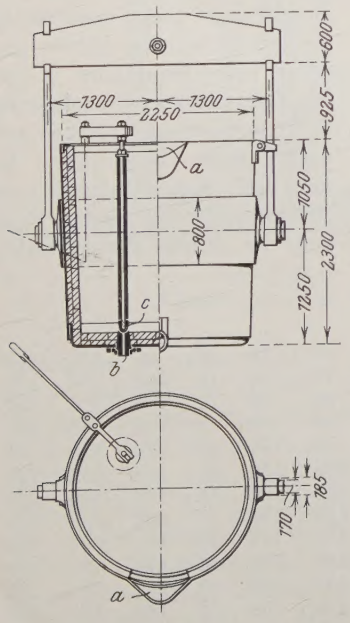



Abbildung 1 und 2. Gießpfanne.

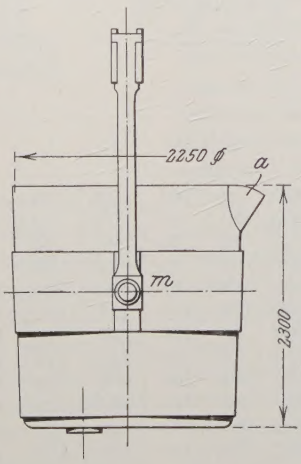



Abbildung 3. Gießpfanne.

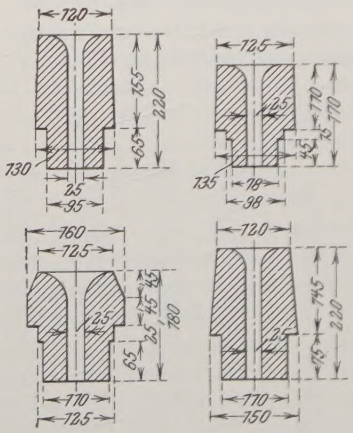



Abbildung 4. Ausgüsse.

Kanäle und füllt allmählich die auf diesen Kanälen stehenden Kokillen. Sobald die Kokillen bis zu der Höhe, die dem herzustellenden Brammengewicht entspricht, gefüllt sind, wird der Ausguß durch Senken der Stopfenstange geschlossen. Während des Gießens und nach dem Gießen findet eine lebhafte Gasentwicklung in den Kokillen statt; die austretenden Gase reißen kleine Eisenteilchen mit, die an der Luft lebhaft verbrennen. Einige Zeit nach beendetem Gießen wird die Gasentwicklung durch Auflegen von gußeisernen Deckeln auf die Köpfe der in der Erstarrung begriffenen Brammen vermindert und bald ganz aufgehoben. Nach beendeter Erstarrung werden die Kokillen mit Hilfe von Laufkranen durch Abziehen nach oben entfernt und die Brammen mittelst Zangen oder Ketten aus der Gießgrube gebracht.

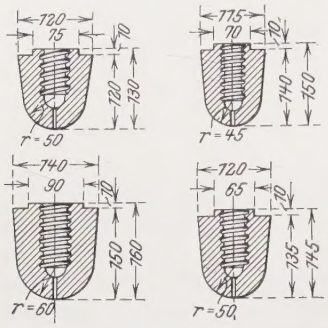



Abbildung 5. Stopfen.

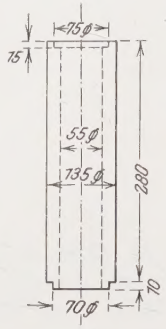


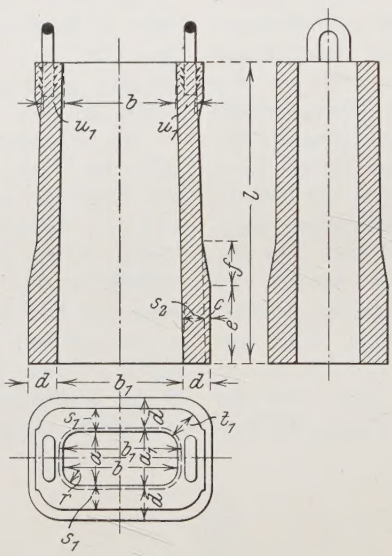

Abbildung 6. Stopfenstangenrohre.

Alle für die Ausführung des Gießens in Frage kommenden Arbeiten, also die Ausmauerung der Pfanne, die Herstellung und die Anbringung der Stopfenstange, das Ausmauern der Gespannplatten und der Trichter sowie das Aufstellen der Trichter und Kokillen müssen mit der größten Sorgfalt ausgeführt werden, wenn Unglücksfälle und Materialverluste vermieden werden sollen. Schon aus diesen Gründen muß die Betriebsleitung eines Stahlwerks diesen Arbeiten das größte Interesse entgegenbringen und für eine ununterbrochene scharfe Beaufsichtigung der betreffenden Arbeiter Sorge tragen. Außerdem aber muß sich der leitende Stahlwerksingenieur stets bewußt bleiben, daß es nicht genügt, im Ofen gutes Material herzustellen, daß man vielmehr durch fehlerhafte Behandlung beim Gießen das beste Material vollständig verderben kann.

Infolge falscher Behandlung beim Gießen können den Brammen folgende Fehler anhaften:

1. Schrumpfungshohlräume.
2. Saughohlräume.
3. Starke Seigerungen.
4. Große Blasenhohlräume.
5. Randblasen.
6. Schalen.

Diese Fehler beeinträchtigen die Qualität der aus den Brammen hergestellten Bleche, und zwar unter Umständen in ganz außerordentlich hohem Maße. Denn Blöcke mit großen Schrumpfungshohlräumen oder Saughohlräumen ergeben doppelte Bleche, da die Wände der Hohlräume beim Walzen nicht zusammenschweißen. Die Doppelungen gehen bei Verwendung von derartigen Brammen oft sehr weit in die Bleche hinein; infolgedessen muß ein großer Teil der letzteren in den Schrott geschnitten werden. Dazu kommt noch, daß die doppelten Teile des Bleches zuweilen nicht vollständig entfernt werden; die Doppelungen treten dann bei der Weiterverarbeitung hervor und geben unter Umständen zu großen Geldverlusten Veranlassung. Sehr unangenehm machen sich auch starke Seigerungen bemerkbar. Man ist zunächst gezwungen, sehr viel von dem Kopfende des Bleches abzuschneiden,




| Bezeichnung | a × b | $a_1$ × $b_1$ | l | r | $s_1$ | $s_2$ | $t_1$ | $t_2$ | $u_1$ | $u_2$ | c | d | e | f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 185 × 380 | 210 × 415 | 1000 | 50 | 65 | 75 | 60 | 70 | 65 | 75 | 15 | 90 | 250 | 150 |
| B | 200 × 445 | 230 × 480 | 1000 | 50 | 65 | 75 | 70 | 80 | 75 | 85 | 15 | 100 | 250 | 150 |
| C | 230 × 510 | 265 × 545 | 1200 | 60 | 80 | 90 | 75 | 85 | 80 | 90 | 15 | 105 | 250 | 150 |
| D | 265 × 575 | 305 × 610 | 1300 | 60 | 85 | 95 | 80 | 90 | 85 | 95 | 15 | 110 | 250 | 150 |
| E | 300 × 660 | 335 × 700 | 1480 | 73 | 95 | 105 | 90 | 100 | 95 | 105 | 15 | 120 | 250 | 150 |
| F | 345 × 735 | 385 × 780 | 1600 | 73 | 110 | 125 | 100 | 115 | 105 | 120 | 15 | 140 | 250 | 150 |
| G | 380 × 840 | 425 × 890 | 1800 | 73 | 120 | 135 | 110 | 125 | 115 | 130 | 15 | 150 | 300 | 200 |
| H | 400 × 910 | 450 × 960 | 1850 | 73 | 130 | 145 | 120 | 135 | 125 | 140 | 15 | 160 | 300 | 200 |
| J | 400 × 1010 | 450 × 1060 | 1850 | 80 | 135 | 150 | 125 | 140 | 130 | 145 | 15 | 165 | 300 | 200 |
| K | 420 × 1060 | 470 × 1115 | 1950 | 80 | 140 | 160 | 125 | 145 | 130 | 150 | 15 | 175 | 300 | 200 |
| L | 440 × 1100 | 490 × 1160 | 1950 | 80 | 145 | 165 | 130 | 150 | 135 | 153 | 20 | 185 | 300 | 200 |
| M | 445 × 1180 | 500 × 1240 | 1900 | 80 | 150 | 170 | 135 | 155 | 140 | 160 | 20 | 190 | 300 | 200 |

Abbildung 7. Abmessungen von Brammenkokillen.

um ein Blech mit genügend gleichmäßigen Festigkeitseigenschaften zu erhalten. Außerdem verursachen starke Seigerungen oft die Bildung von Rissen bei der Weiterverarbeitung der Bleche, zum Beispiel beim Kümpeln von Kesselböden und ähnlichen Arbeiten. Brammen mit großen Blasenhohlräumen ergeben blasige und solche mit Randblasen pockige Bleche, die in den meisten Fällen ganz unbrauchbar sind. Schalen auf den Oberflächen der Brammen sind meist die Ursache für schalige Bleche, deren Verputzen recht kostspielig ist und störend auf den ganzen Arbeitsgang des Walzwerks wirkt.

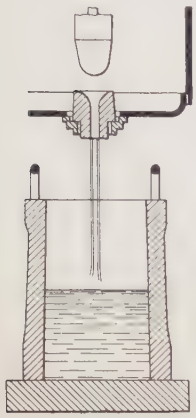


Abbildung 8.
Direkter Guß.

Es zeigt sich also, daß ein unverhältnismäßig großer Teil des Bleches oder das ganze Blech in den Schrott geschnitten werden muß, wenn der Bramme, aus der es gewalzt wurde, einer oder mehrere der erwähnten Fehler anhaftet. Das Gießen des Flußeisens hat also einen großen Einfluß auf das Ausbringen, mit dem das Blechwalzwerk arbeitet, und somit auf die Rentabilität des Werkes. Nehmen wir zum Beispiel an, es gelinge, durch vollständig kunstgerechtes Gießen das Ausbringen eines Blechwalzwerkes, das im Jahre 100 000 t Brammen verwalzt, von 70 auf 73 % zu erhöhen, und rechnen wir die Differenz zwischen Blechpreis und Schrottpreis mit 60 ℳ f. d. t, so ergibt sich eine Minderausgabe von 180 000 ℳ pro Jahr, das heißt von rd. 2,50 ℳ/t Fertigfabrikat. Hierzu kommen noch andere Vorteile, die darin liegen, daß die Produktion des Walzwerks ohne Vergrößerung der Anlage erhöht und daß die zu bewältigende Schrottmenge verringert wird.

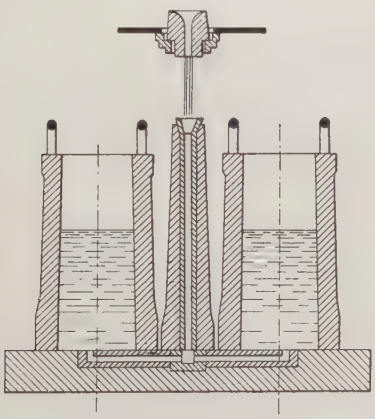


Abbildung 9.
Kommunizierender Guß.

Im folgenden seien nun die Entstehungsursachen der hier angeführten Qualitätsmängel dargelegt; im Anschluß daran soll angegeben werden, wie man gießen bzw. welche Mittel man anwenden muß, um die Entstehung dieser Mängel zu hintertreiben.

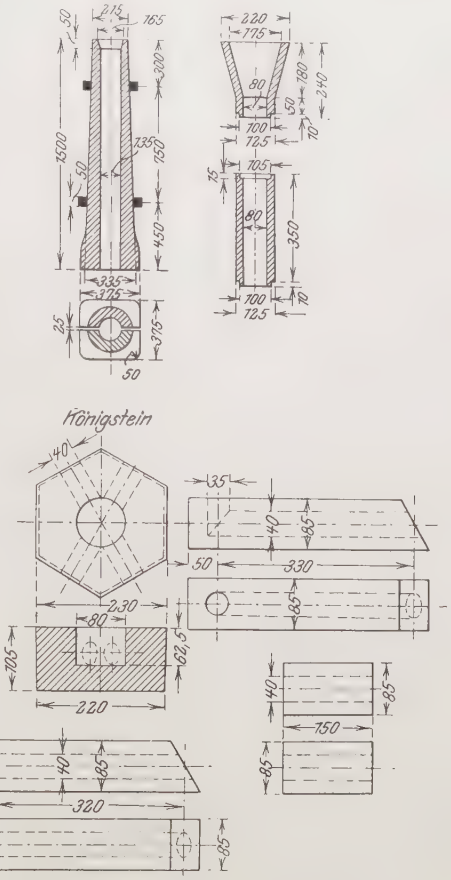



Abbildung 10. Gießtrichter, Trichterrohr, Trichterhaube, Kanalsteine.

## 1. u. 2. Schrumpfungshohlräume und Saughohlräume.

Das Eisen hat die Eigenschaft, beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand sein Volumen zu verringern. Diese Volumenverminderung, die also während der Erstarrung stattfindet, bezeichnet man als Schrumpfung; sie ist mit Meßinstrumenten naturgemäß nicht nachweisbar. Nach erfolgter Erstarrung findet bei weiterer Abkühlung eine weitere Volumenverminderung des nunmehr festen Eisens statt; diese Volumenverminderung nennt man Schwindung. Die Schwindung bewirkt eine Verringerung der Abmessungen des gegossenen Stückes; sie kann also im Gegensatz zur Schrumpfung durch Längenmessung nachgewiesen werden (Schwindmaß). Schrumpfung ist demnach die Volumenverminderung, die das flüssige Eisen während des Erstarrens erfährt, Schwindung dagegen die Volumenverminderung, die nach beendetem Erstarren bei der Abkühlung des festen Eisens von einer höheren auf

eine niedere Temperatur stattfindet. Die Vorgänge, die eintreten, nachdem eine Kokille mit flüssigem Eisen gefüllt worden ist, sind nun folgende: Die Kokillenwände entziehen dem flüssigen Metall schnell große Wärmemengen; infolgedessen scheiden sich an ihnen zuerst Eisenkristalle aus und bilden eine feste Kruste. An die erste Kruste setzt sich eine zweite an, dieser folgt nach einiger Zeit eine dritte, und so geht die Erstarrung schichtenweise weiter. Bei Bildung einer jeden festen Schicht findet die oben charakterisierte Volumenverminderung statt, die man, wie erwähnt, als Schrumpfung bezeichnet. Diese Volumenverminderung wird stets sofort durch Nachströmen aus dem noch flüssigen Innern des Blockes ausgeglichen. Schließlich, nachdem sich eine ganze Reihe von Schichten gebildet hat, ist ein flüssiges Inneres nicht mehr vorhanden. Die Volumenverminderung kann also nicht mehr ausgeglichen werden und es entsteht im Innern des Blockes ein Hohlraum, der infolge Nachsinkens von flüssigem und teigigem Material aus dem Kopf des Blockes in den meisten Fällen die Form einer nach oben trichterförmig erweiterten Röhre hat. Nach beendeter Erstarrung der einzelnen Schichten setzt bei weiterer Abkühlung die Schwindung ein. Infolge der Schwindung zieht sich der Block in sich zusammen, verkürzt seine Kantenabmessungen und löst sich von den Kokillenwänden ab. Das Ergebnis der Schrumpfung ist also ein Hohlraum im Innern des Blockes, das der Schwindung dagegen eine Verkleinerung seiner äußeren Abmessungen. Den durch die Schrumpfung entstandenen Hohlraum nennt man Schrumpfungshohlraum oder Lunker. Die Größe des Lunkers wird durch die Schwindung verringert, da ja die Schwindung ein Zusammenziehen des Blockes verursacht.

Was die Größe des Schrumpfmaßes anbetrifft, so hat man festgestellt, daß es mit sinkender Temperatur wesentlich abnimmt. Diese Eigenschaft des Eisens ist von der größten Wichtigkeit; aus ihr ergibt sich ohne weiteres, daß durch Vergießen bei möglichst niedriger Temperatur der Lunkerbildung sehr wirksam entgegengearbeitet wird. Langsames Gießen hat naturgemäß dieselbe Wirkung, da das Flußeisen bei langsamem Aufsteigen durch Strahlung sehr viel Wärme verliert.* Beim Gießen von Flußeisen wird die Schrumpfung ferner durch die Gasentwicklung verringert, von der auf Seite 8 die Rede war. Diese Gasentwicklung kommt auf folgende Weise zustande: Flüssiges Eisen besitzt die Fähigkeit, Gase, und zwar insbesondere Wasserstoff, aufzunehmen und beim Abkühlen in ziemlich regelmäßiger Weise wieder entweichen zu lassen. Außerdem findet dauernd eine Neuentwicklung von Kohlenoxydgas statt, und zwar dadurch, daß der Kohlenstoff des Eisens auf Eisenoxydul und Manganoxydul einwirkt. Hierbei bildet sich Kohlenoxydgas nach den Formeln:

$$MnO + C = Mn + CO.$$
$$FeO + C = Fe + CO.$$

Solange das Material im Innern des Blockes noch heiß und dünnflüssig ist, treten die freiwerdenden Gase ungehindert aus; die sich zuerst bildenden Krusten sind infolgedessen vollständig gasfrei. Bald aber wird infolge der fortgeschrittenen Abkühlung das oben befindliche Metall dickflüssig; außerdem wird den Gasen durch Auflegen eines Deckels der Weg nach außen versperrt. Infolgedessen werden die Gasblasen im Innern des Blockes zurückgehalten. Sie bilden Blasenzonen, die parallel zu den Kokillenwänden verlaufen; der Querschnitt einer normalen Flußeisenbramme hat daher das in Abb. 11 dargestellte Aussehen. Durch die Gaseinschlüsse wird die durch die Schrumpfung verursachte Volumenverminderung teilweise, unter Umständen sogar ganz wieder aufgehoben, der Lunker also verkleinert bzw. beseitigt. Die einzelnen Gasblasen sind unter normalen Verhältnissen klein und ihre Wände metallisch rein. Während des Walzens werden die Blasenwände fest aufeinander gepreßt und verschweißen in den meisten Fällen vollständig.*

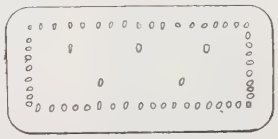
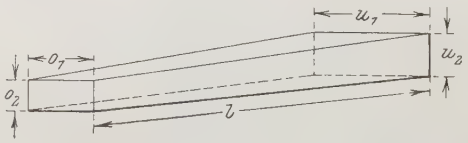


Abbildung 11.
Blasenverteilung in normalen Brammen.

Auf Grund der Erkenntnis der Entstehungsursachen der Lunker will ich nun im folgenden ausführen, welche Vorsichtsmaßregeln man beim Gießen von Flußeisenbrammen treffen und welche Mittel man anwenden muß, um einen lunkerfreien Guß zu erzielen. Die Abmessungen der Brammen, bei deren

Zahlentafel 1. Brammenabmessungen.




| Bezeichnung | $u_1$ | $u_2$ | $o_1$ | $o_2$ | $l$ | Höchstgewicht der Bramme |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 415 | 210 | 380 | 185 | 900 | 400 |
| B | 480 | 230 | 445 | 200 | 900 | 600 |
| C | 545 | 265 | 510 | 230 | 1100 | 900 |
| D | 610 | 305 | 575 | 265 | 1150 | 1 300 |
| E | 700 | 335 | 660 | 300 | 1330 | 1 875 |
| F | 780 | 385 | 735 | 345 | 1450 | 2 675 |
| G | 890 | 425 | 840 | 380 | 1650 | 3 800 |
| H | 960 | 450 | 910 | 400 | 1700 | 4 500 |
| J | 1060 | 450 | 1010 | 400 | 1700 | 5 100 |
| K | 1115 | 470 | 1060 | 420 | 1800 | 5 900 |
| L | 1160 | 490 | 1100 | 440 | 1800 | 6 500 |
| M | 1240 | 500 | 1180 | 445 | 1750 | 7 300 |
| N | 1390 | 560 | 1130 | 505 | 1850 | 13 000 |
| O | 1490 | 560 | 1420 | 505 | 1850 | 13 000 |
| P | 1510 | 560 | 1450 | 505 | 1850 | 13 000 |

* Howe hat diese Tatsachen experimentell nachgewiesen, und zwar durch Versuche mit geschmolzenem Wachs. Siehe Bericht von Dr.-Ing. Petersen in „Stahl und Eisen" 1908, S. 116 u. f.

* „Stahl und Eisen" 1911, S. 520.

Fabrikation ich meine Beobachtungen und Untersuchungen anstellte, ergeben sich aus Zahlentafel 1.

Die in dieser Zahlentafel enthaltenen Brammenabmessungen entsprechen ungefähr den in Abb. 7 dargestellten Kokillen.

Zur Feststellung der Ergebnisse meiner Versuche ließ ich eine Anzahl von Brammen durchschlagen, um die Größe des Lunkers direkt feststellen zu können. Meistens aber mußte ich mich darauf beschränken, die Länge der Doppelungen in den ausgewalzten Blechen konstatieren zu lassen und nach den mir angegebenen Doppelungslängen die Größe der Lunker zu beurteilen. Die Doppelungslängen wurden in folgender Weise bestimmt: Ein fertig ausgewalztes Blech hat ungefähr die in Abb. 12 dargestellte Form.

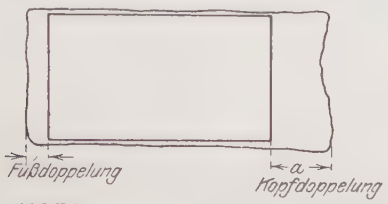



Abbildung 12. Ausgewalztes Blech.

Am Kopf und am Fuß des Bleches und meistens auch an den Rändern desselben finden sich Doppelungen, die durch Ueberwalzung entstanden sind. Die Länge der Ueberwalzungsdoppelung am Kopf beträgt unter den vorliegenden Verhältnissen, je nach der Dicke des Bleches, 50 bis 150 mm. Wenn die Doppelung weiter in das Blech hineingeht, so ist mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, daß die betreffende Bramme einen Lunker hatte. Die gesamte Länge des Blechstückes, das man vom Kopf des Bleches abschneiden mußte, um ein vollständig gesundes Blech zu erhalten, wurde mir vom Walzwerk als Doppelungslänge angegeben. Dieses Maß ist in Abb. 12 mit a bezeichnet.

Die Ergebnisse meiner auf diese Weise durchgeführten Untersuchungen waren nun folgende:

Es ist zunächst streng darauf zu achten, daß die zur Verwendung gelangenden Kokillen in jeder Beziehung tadellos geformt sind. Wenn die Wände der Kokillen, wie es leicht vorkommt, uneben sind und Erhöhungen bzw. Vertiefungen besitzen, so wird ein gleichmäßiges Schrumpfen und Schwinden unmöglich gemacht und die Entstehung eines Lunkers begünstigt. Schon aus diesem Grunde sollte jede Kokille genau mit Richtlatte und Maßstab untersucht werden, bevor sie in Benutzung genommen wird. Aus denselben Gründen, damit also das gleichmäßige Schrumpfen und Schwinden nicht gestört werde, müssen die Kokillen eine möglichst gleichmäßige Temperatur haben.

Von ganz außerordentlicher Bedeutung für die Erzielung eines lunker- und saughohlraumfreien Gusses ist die Konstruktion der Gespannplatten. Dieselben müssen vor allen Dingen so eingerichtet sein, daß das Eisen beim Gießen in sämtlichen Kokillen möglichst gleichmäßig hochsteigt. Denn wenn sich der Flüssigkeitsspiegel in den einzelnen Kokillen ungleichmäßig hebt, so wird das Eisen in einigen Gußformen zu schnell steigen; zu schnelles Gießen aber hat, wie wir gesehen haben, Lunkerbildung zur Folge. Außerdem muß nach beendetem Gießen ein Ausgleich in der Weise stattfinden, daß aus der Kokille, in der das Flußeisen höher steht, Material in die nebenstehende gesaugt wird, in der die Oberfläche des eingegossenen Metalles tiefer liegt. Infolgedessen entstehen Saughohlräume, die in den meisten Fällen den ganzen Block durchziehen und das aus demselben gewalzte Blech vollständig unbrauchbar machen. Auch wenn man bis nach erfolgtem Ausgleich immer wieder aus der Pfanne nachgießt, wird die ungünstige Wirkung des ungleichmäßigen Hochkommens der Brammen nicht aufgehoben. Es kommt häufig vor, daß man große Doppelungen allein auf Lunkerbildungen zurückführt und annimmt, daß das Flußeisen selbst schuld daran sei, zum Beispiel, daß die Chargen zu weich seien oder dergleichen. In den allermeisten Fällen ist man auf der falschen Fährte; es handelt sich nicht um Lunker, sondern um Saughohlräume, die durch falsche Gespannplattenkonstruktion bzw. unachtsames Gießen verursacht werden.

Bei der Konstruktion der Gespannplatten ist also vor allem darauf zu achten, daß eine gleichmäßige Verteilung des durch den Trichter eingegossenen Materials nach allen Seiten hin erfolgt. Es muß auch dafür gesorgt werden, daß die Anzahl der Brammen, die auf einer Gießplatte gegossen werden, nicht zu groß ist. Denn wenn das Eisen einen zu langen Weg zurücklegen muß, um in die Kokillen zu gelangen, so wird ein gleichmäßiges Aufsteigen des Metalles in den Kokillen unmöglich. Anderseits ist es notwendig, nicht zu wenig Kokillen auf eine Platte zu stellen, da dann das Gießen der einzelnen Brammen naturgemäß zu schnell erfolgt. Hier muß durch Ausprobieren für die jeweiligen Verhältnisse das richtige Mittelmaß gefunden werden. Ich habe auf Grund mehrjähriger Beobachtungen Zahlentafel 2 aufgestellt, aus der hervorgeht, wieviel

Zahlentafel 2. Auf einer Platte zu gießende Eisenmengen.

| Blockgewicht | Auf einer Platte zu gießen | | | |
|---|---|---|---|---|
| | mindestens | | höchstens | |
| | Stück | kg | Stück | kg |
| 200 | 20 | 4000 | 28 | 5 600 |
| 300 | 14 | 4200 | 18 | 5 400 |
| 400 | 12 | 4800 | 14 | 5 600 |
| 500 | 10 | 5000 | 14 | 7 000 |
| 600 | 10 | 6000 | 12 | 7 200 |
| 700 | 8 | 5600 | 10 | 7 000 |
| 800 | 8 | 6400 | 10 | 8 000 |
| 900 | 6 | 5400 | 8 | 7 200 |
| 1000 | 6 | 6000 | 8 | 8 000 |
| 1100 | 6 | 6600 | 8 | 8 800 |
| 1200 | 6 | 7200 | 8 | 9 600 |
| 1300 | 4 | 5200 | 6 | 7 800 |
| 1400 | 4 | 5600 | 6 | 8 400 |
| 1500 | 4 | 6000 | 6 | 9 000 |
| 1600 | 4 | 6400 | 6 | 9 600 |
| 1700 | 4 | 6800 | 6 | 10 200 |

Blöcke bzw. welche Menge Stahl man auf einer Platte vergießen soll.

Größere Brammen, und zwar solche von 1800 bis 3000 kg Stückgewicht, soll man stets zu vieren, solche von 3000 bis 10 000 kg zu zweien auf einer Platte gießen, wobei man beide Kokillen dicht an den Trichter stellt. Kokillen für Brammen von über 10 000 kg Stückgewicht lasse ich stets einzeln auf eine Gespannplatte setzen.

Die Konstruktion von zwei Gespannplatten, die für das Gießen von Brammen nach Zahlentafel 1 geeignet sind, geht aus den Abb. 13 und 14 hervor.

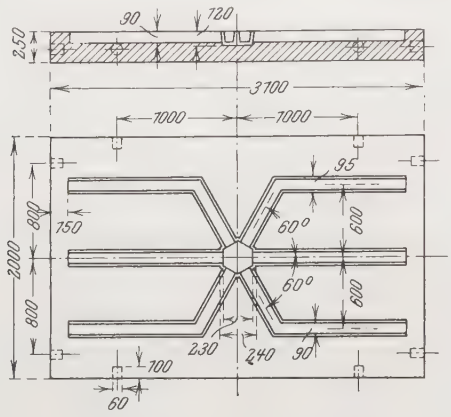



Abbildung 13. Gespannplatte I.

In Abb. 15 und 16 findet man die Anordnung der Kokillen A auf Platte I und der Kokillen F auf Platte II sowie die Abmessungen der zugehörigen Kanalsteine. Sie gestatten vor allem auch, auf

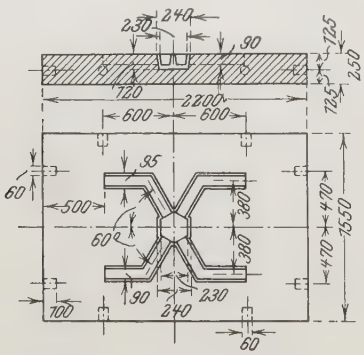



Abbildung 14. Gespannplatte II.

beschränktem Platze eine große Zahl von Brammen abzugießen, ermöglichen also eine vorzügliche Ausnutzung des Raumes in der Gießgrube.

Das Ausmauern der Platten muß in äußerst sorgfältiger Weise geschehen. Die einzelnen Kanalsteine sind so aneinander zu legen, daß der Querschnitt der Bohrungen vollständig freibleibt. Denn wenn der Querschnitt der Oeffnungen, wie auf Abb. 17 angedeutet, teilweise verdeckt ist, kann ein gleichmäßiges Steigen des Eisens in den Kokillen unmöglich stattfinden. Aus diesen Gründen muß auch streng darauf gesehen werden, daß die Kanalsteine gut geformt sind; ihre Bohrungen müssen gleichmäßig und vor allem nicht zu klein sein. Auch das Aufsetzen der Trichter muß mit der größten Sorgfalt ausgeführt werden; wird der Trichter so gesetzt, daß seine Bohrung nicht genau mit der des Königsteins zusammenfällt, so kann eine gleichmäßige Verteilung des Stahles nach allen Seiten hin unmöglich stattfinden. Die Kokillen müssen so gestellt werden, daß sich das Loch, durch das das Eisen einströmt, möglichst im Mittelpunkt des unteren Querschnittes befindet; eine einseitige Anordnung der Einströmungsöffnung erschwert einen gleichmäßigen Guß und führt leicht eine Beschädigung der Kokille herbei.

Das Gießen selbst darf aus den erwähnten Gründen weder zu schnell noch zu langsam erfolgen. Da der

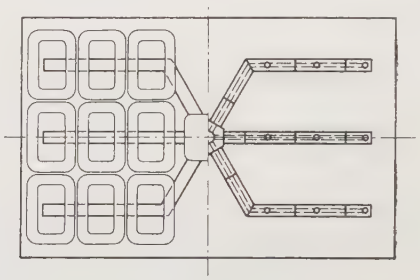


Abbildung 15.
Gespannplatte I mit Kokillen A.

Ausguß, und zwar besonders beim Gießen von großen Chargen, während des Gießens allmählich mehr und mehr ausgefressen wird, muß man mit Ausgüssen von kleinem Lochdurchmesser arbeiten und ein kleines Gespann zuerst gießen. Für weiches Flußeisen eignen sich nach meinen Feststellungen am besten Ausgüsse von 20 mm Bohrungsdurchmesser. Dieselben werden beim Gießen einer 45-t-Charge oft bis zu 50 mm Durchmesser ausgefressen. Wenn der Ausguß während des Gießens eine Oeffnung von über 35 mm bekommen hat, muß man ihn durch Herunterdrücken der Stopfenstange teilweise schließen bzw. durch diese Maßnahme den Zufluß des Eisens zum Ausguß so behindern, daß das Gießen nicht wesentlich schneller als zu Anfang erfolgt. Wenn die Kokillen bis zu einer Höhe gefüllt sind, die rd. 10 cm unter dem vorgeschriebenen Maße liegt, muß ebenfalls langsamer gegossen werden, damit ein Ausgleich stattfinden kann. Sobald auf diese Weise die Kokillen bis zur vorgeschriebenen Höhe gefüllt sind, wird der Stopfen geschlossen. Es tritt dann meistens, und zwar besonders bei sehr weichen Chargen, ein Sinken der Oberflächen des Flußeisens

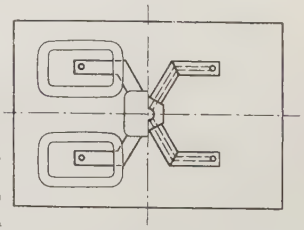


Abbildung 16.
Gespannplatte II mit Kokillen E.

in den Kokillen ein; daraufhin wird durch den Trichter so lange nachgegossen, bis die Oberflächen wieder eben sind. Dieses Nachgießen durch den Trichter wird mehrmals wiederholt, bis die Erstarrung in den einzelnen Kokillen begonnen und sich eine etwa 3 bis 4 cm breite Kruste von festem Metall an den Kokillen-

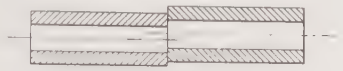


Abbildung 17.
Schlecht gelegte Kanalsteine.

wänden gebildet hat. Dann soll bei Brammen in Stückgewichten unter 1000 kg sofort das Auflegen der Kokillendeckel erfolgen. Die Gasentwicklung ist dann noch in vollem Gange und wird auch durch das Auflegen der Deckel nicht vollständig aufgehoben. Durch den auf diese Weise im Innern des Blockes entstehenden nach oben gerichteten Druck wird der Lunker geschlossen oder zum mindesten wesentlich verkleinert. Um diese Tatsache unzweifelhaft festzulegen, habe ich eine große Reihe von Versuchen ausgeführt; einige Ergebnisse sind in der Zahlentafel 3 zusammengestellt.

Zahlentafel 3. Wirkung des frühen Deckelns.

| Charge | Blockbez. | Brammengewicht | Breite des Bleches | Dicke des Bleches | Länge der Doppelung | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 373 | 1 | 845 | 2505 | 10 | 650 | Spät gedeckt |
| | 2 | 845 | 2505 | 10 | 700 | „ „ |
| | 3 | 845 | 2505 | 10 | 300 | Früh „ |
| | 4 | 845 | 2505 | 10 | 200 | „ „ |
| 539 | 5 | 710 | 2400 | 12,5 | 300 | „ „ |
| | 6 | 710 | 2400 | 12,5 | 250 | „ „ |
| | 7 | 710 | 2400 | 12,5 | 700 | Spät „ |
| | 8 | 710 | 2400 | 12,5 | 750 | „ „ |
| 191 | 9 | 1050 | 2190 | 14,5 | 1000 | „ „ |
| | 10 | 1050 | 2190 | 14,5 | 950 | „ „ |
| | 11 | 1050 | 2190 | 14,5 | 1000 | „ „ |
| | 12 | 1050 | 2190 | 14,5 | 400 | Früh „ |

Bei schwereren Brammen in Stückgewichten von 1000 kg und darüber treten trotz Beobachtung der angegebenen Vorsichtsmaßregeln oft verhältnismäßig große Lunker auf. Man muß deshalb solche Brammen nach beendetem Nachgießen durch den Trichter auch noch von oben durch direkten Guß aus der Pfanne nachgießen. Auf jede Bramme werden einige Kilogramm heißes Eisen aufgegossen und dann sofort die Kokillendeckel aufgelegt. Daß diese Maßnahme von günstiger Wirkung sein muß, ergibt sich ohne weiteres aus der Theorie der Lunkerbildung. Ich habe sie lange Zeit regelmäßig durchgeführt und vorzügliche Resultate durch sie erzielt. Einige Versuchsergebnisse sind in Zahlentafel 4 enthalten.

Man hat wiederholt auf dem Versuchswege festgestellt, daß durch Gießen in Kokillen, die oben einen größeren Querschnitt ergeben als unten,

Zahlentafel 4. Wirkung des Nachgießens.

| Gespann Nr. | Brammen-Nr. | Brammengewicht | Breite des Bleches | Dicke des Bleches | Länge der Doppelung | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 1 | 2700 | 3195 | 16 | 200 | nachg. |
| | 2 | 2700 | 3195 | 16 | 180 | „ |
| | 3 | 2700 | 3195 | 16 | 550 | nicht nachg. |
| | 4 | 2700 | 3195 | 16 | 680 | „ |
| II | 5 | 2700 | 3195 | 16 | 220 | nachg. |
| | 6 | 2700 | 3195 | 16 | 150 | „ |
| | 7 | 2700 | 3195 | 16 | 650 | nicht nachg. |
| | 8 | 2700 | 3195 | 16 | 740 | „ |

eine Verkürzung des Lunkers erreicht werden kann;* auch diese Tatsache steht im Einklang mit der hier entwickelten Theorie der Lunkerbildung. Das Gießen in solchen Kokillen ist jedoch im Großbetriebe nicht allgemein durchführbar, weil das Entfernen der Brammen aus den Kokillen naturgemäß sehr umständlich ist. Beim Gießen von sehr schweren Brammen dürfte jedoch diese Gießart meines Erachtens trotzdem zu empfehlen sein.

Fassen wir das im Vorstehenden Ausgeführte kurz zusammen, so ergibt sich, daß man folgende Vorsichtsmaßregeln beobachten bzw. folgende Mittel anwenden muß, um einen lunkerfreien Guß zu erhalten:

1. Präzise Form der Kokillen.
2. Gleichmäßiges Anwärmen der Kokillen.
3. Richtige Konstruktion der Gespannplatten.
4. Sorgfältiges Auslegen der Platten mit Kanalsteinen.
5. Sorgfältiges Stellen der Trichter und der Kokillen.
6. Langsames Gießen.
7. Nachgießen durch den Trichter.
8. Frühzeitiges Auflegen der Deckel.
9. Nachgießen durch direkten Guß von oben in die Kokillen.

## 3. Seigerungen.

Flußeisen ist eine Legierung des Elementes Eisen mit mehreren Elementen, von denen Kohlenstoff, Mangan, Phosphor und Schwefel die wichtigsten sind. Die Legierung Flußeisen hat nun, wie viele andere Legierungen, die Eigenschaft, beim Erstarren in eine Reihe von Legierungen verschiedener Zusammensetzungen zu zerfallen. Die am schwersten schmelzbaren Legierungen scheiden sich zuerst aus und eine Mutterlauge von anderer Zusammensetzung und niedrigerem Schmelzpunkt bleibt zurück. Der Schmelzpunkt des Eisens liegt nun bekanntlich um so höher, je geringer sein Gehalt an Kohlenstoff ist; auch Phosphor und Schwefel erniedrigen seine Schmelztemperatur. Bei der Erstarrung eines Flußeisenblockes werden deshalb die zuerst erstarrenden Teile, also der Fuß und die Seitenwände, am reinsten sein. Die noch flüssige Mutterlauge ist reicher an Verunreinigungen und infolgedessen dünnflüssiger; sie hat deshalb die Neigung, nach oben zu steigen. Auch durch den nach oben gerichteten Gasstrom,

* „Stahl und Eisen“ 1906, S. 1485 und 1908, S. 116.

der fortwährend durch das noch flüssige Innere des Blockes hindurchgeht, werden die Seigerungsprodukte nach oben gerissen. Die unreinsten Legierungen finden sich deshalb im Kopfe des Blockes; hier sammeln sich die Elemente Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff und Mangan am reichlichsten an. Viele der nach oben steigenden unreinen Legierungen stoßen jedoch unterwegs auf Widerstand und werden festgehalten; infolgedessen nehmen die Seigerungen nicht etwa nach oben hin allmählich und regelmäßig zu, verteilen sich vielmehr ziemlich unregelmäßig auf den ganzen Block. Die stärksten Seigerungen finden sich jedoch immer, wie schon erwähnt, im Kopfe des Blockes. Außer anderen Forschern haben neuerdings F. Wüst und H. L. Felser Martin- und Thomas-Flußeisenblöcke eingehend auf Seigerungen untersucht und die gewonnenen sehr interessanten und lehrreichen Ergebnisse dem Internationalen Kongreß für Bergbau, Hüttenwesen, angewandte Mechanik und praktische Geologie im Jahre 1910 vorgelegt.* Sie fanden, daß Schwefel und Phosphor die größte Neigung zum Seigern besitzen; weniger stark seigern Kohlenstoff und Mangan und überhaupt nicht Silizium. Ferner stellten sie fest, daß die Entmischung von Phosphor, Kohlenstoff und Mangan bei großen Blöcken größer ist als bei kleinen, daß nur Schwefel das umgekehrte Verhalten zeigt und daß die Seigerungsprodukte sehr ungleichmäßig auf den ganzen Block verteilt sind. Weitere wertvolle Veröffentlichungen über die Seigerungserscheinungen machten Ledebur** und Howe§; beide Forscher wiesen auf die schon erwähnte Tatsache hin, daß sich die stärksten Seigerungen stets in den Köpfen der Blöcke finden.

Durch die in einer Flußeisenbramme auftretenden Seigerungen wird naturgemäß bewirkt, daß das aus der Bramme gewalzte Blech ungleichmäßige mechanische Eigenschaften zeigt. Festigkeit und Dehnung sind an verschiedenen Stellen des Bleches oft sehr verschieden; am Fuße des Bleches ist die Festigkeit wesentlich niedriger und die Dehnung viel höher als am Kopf desselben Bleches. In Zahlentafel 5 ist eine Reihe von Zerreißprobenergebnissen enthalten, die diese Tatsache demonstrieren.

Zahlentafel 5. Festigkeitszahlen von Blechen.

| Lfd. Nr. | Blechdicke | Fuß- | | Kopf- | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Festigkeit | Dehnung | Festigkeit | Dehnung |
| 1 | 12 | 35,6 | 31,0 | 41,9 | 22,5 |
| 2 | 16 | 34,9 | 30,5 | 40,8 | 21,0 |
| 3 | 18 | 37,8 | 29,5 | 42,6 | 20,0 |
| 4 | 9 | 35,8 | 31,5 | 41,6 | 21,5 |
| 5 | 8 | 36,4 | 30,5 | 42,0 | 22,0 |
| 6 | 10 | 37,5 | 30,0 | 41,4 | 24 5 |

Infolge starker Seigerungen zeigt sich am Kopfe eines Bleches oft eine höhere Festigkeit und eine niedrigere Dehnung, als für die Abnahme vorgeschrieben ist. Man muß dann von dem Kopfende des Bleches ein mehr oder weniger langes Stück abschneiden, damit sich ein Blech ergibt, dessen Festigkeitseigenschaften innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen liegen. Das Blech ist dann für den Zweck, für den es bestimmt war, nicht mehr zu gebrauchen; es muß ein neues Blech aus einer anderen Bramme gewalzt werden. Unangenehme Störungen im Arbeitsgange des Walzwerks und Verringerung des Ausbringens sind also die Folgen von starken Seigerungen.

Man ist nicht in der Lage, durch zweckmäßiges Gießen die Entstehung von Seigerungen zu verhindern; deshalb muß man sich darauf beschränken, das natürliche Bestreben der Seigerungen, nach oben zu steigen, zu unterstützen. Sie werden dann mit dem lunkerigen Teile des Bleches abgeschnitten. Man erreicht das angestrebte Ziel durch langsames Gießen und durch Warmhalten des oberen Blockteiles; die zur Lunkervermeidung angegebenen Mittel sind also auch hier anzuwenden. Nur die frühzeitige Unterbrechung der Gasentwicklung durch Auflegen der Kokillendeckel, von dem oben die Rede war, ist hier nicht angebracht, denn durch den nach oben steigenden Gasstrom werden, wie erwähnt, die unreinsten Teile des Materials nach oben befördert. Dagegen ist das früher erwähnte Nachgießen von heißem Material auf die Köpfe der Brammen zur Unschädlichmachung der Seigerungen ganz besonders zu empfehlen, da es die Köpfe lange warm hält.

Man ist in der Lage, die schädliche Wirkung der Seigerung durch Anwendung dieser Mittel wesentlich zu verringern. Es gelingt aber nicht, sie stets so weit nach oben zu bringen, daß sie durch Abschneiden des die Doppelung enthaltenden Blechteiles ganz abfallen. Vielmehr befinden sich die stärksten Seigerungen erfahrungsgemäß etwas unter dem tiefsten Punkt des Lunkers. Man ist deshalb gezwungen, bei allen Abnahmeblechen mit einem verhältnismäßig geringen Ausbringen zu rechnen und Teile des Bleches, die an und für sich gesund sind, in den Schrott zu schneiden.

## 4. Große Blasenhohlräume.

Wie oben auseinandergesetzt, sind Flußeisenbrammen stets von einer großen Anzahl von Gasblasen durchsetzt. Diese Gasblasen sind unter normalen Verhältnissen klein und zeigen sich in dem gewalzten Blech nicht mehr, da ihre Wände während des Walzens zusammenschweißen oder wenigstens stark aneinander gepreßt werden. Durch falsche Behandlung des Metalls beim Gießen können aber außer diesen unschädlichen kleinen Blasen noch recht umfangreiche Blasenhohlräume auftreten, die durch den Walzprozeß nicht beseitigt werden. Ihre Entstehung erklärt sich folgendermaßen.* Wenn irgend ein Fremdkörper, wie zum Beispiel ein Kanalsteinstückchen oder dergleichen, mit dem in der Kokille

* Siehe „Metallurgie“ 1910, S. 363.
** „Eisenhüttenkunde“, 5. Auflage, 1. Band, S. 229.
§ „Stahl und Eisen“ 1906, S. 1485.

* Ledebur, Eisenhüttenkunde, 5. Auflage, Band 3, S. 242.

aufsteigenden Eisen in Berührung kommt, so wird durch diesen Fremdkörper eine plötzliche Abkühlung seiner Umgebung hervorgerufen. Eine Abkühlung verursacht, wie wir sahen, eine Gasentwicklung und auf diese Weise entsteht eine Gasblase. Die Gasblase haftet an dem Fremdkörper und wird dadurch verhindert, nach oben zu steigen. Besteht der Fremdkörper aus oxydiertem Eisen, so wird die Gasentwicklung besonders stark sein, da sich dann Kohlenoxydgas nach der schon angegebenen Formel entwickelt. Ferner kann die Entstehung von Blasenhohlräumen durch Luft verursacht werden, die beim Gießen mitgerissen wurde und nicht mehr entweichen konnte.

Wenn die so entstandenen Blasen groß sind, so schweißen ihre Wände beim Auswalzen der Bramme nicht zusammen. Die Blase erscheint dann auf der Oberfläche des Bleches oder sie tritt dann hervor, wenn das Blech ausgeglüht oder während der Weiterverarbeitung erwärmt wird. Der Blechteil, der die Blase enthält, muß durch Abschneiden entfernt werden; durch das Auftreten von großen Blasenhohlräumen wird also ebenfalls eine Verringerung des Ausbringens herbeigeführt. Wenn man die Bildung derartiger Blasen vermeiden will, so muß man vor allem dafür sorgen, daß die Kokillen vor dem Gießen gründlich gereinigt werden. Bei jedem Guß bedeckt sich ein Teil der Kokillenwände mit einer mehrere Millimeter starken Schicht von oxydiertem Eisen; es sind dies Eisenteilchen, die von den Gasen bei ihrem Austritt aus dem sich abkühlenden Metall mitgenommen und durch den Luftsauerstoff oxydiert werden. Diese Eisenoxyde und alle sonstigen Verunreinigungen müssen mit Hilfe von Drahtbürsten von den Kokillenwänden entfernt werden; darauf wird das Innere der Kokille zweckmäßig mit einer dünnen Graphit-Emulsion ausgestrichen. Das Reinigen der Kokille muß außerhalb der Gießgrube vor dem Aufsetzen auf die Gespannplatten geschehen. Ferner muß darauf geachtet werden, daß keine Fremdkörper auf der Gießplatte liegen bleiben und schließlich sind die Bohrungen der in den Kanälen der Platte liegenden Kanalsteine durch Ausblasen mit einem Handblasebalg zu reinigen. Der sogenannte direkte Guß, der auf Seite 7 beschrieben wurde, darf beim Gießen von Flußeisenbrammen unter keiner Bedingung zur Anwendung gelangen. Gießt man nämlich flüssiges Eisen von oben her in eine Kokille, so schlagen die ersten Tropfen auf den Boden auf und fliegen in Form von kleinen Kügelchen gegen die Kokillenwände. Diese Kügelchen erstarren schnell, bedecken sich mit einer Oxydschicht und verursachen, wie vorher erläutert, die Entstehung von Gasblasen. Ferner wird beim Gießen von oben viel Luft mitgerissen, die nicht mehr entweichen kann, da ihr das von oben einfließende Metall den Weg versperrt. Infolgedessen entstehen auch auf diese Weise Blasenhohlräume. Beim kommunizierenden Guß werden alle diese Uebelstände vermieden; das Entweichen von Gasen wird, wie man leicht einsieht, durch diese Gießart sogar sehr begünstigt.

Zur Vermeidung von größeren Blasenhohlräumen muß man also folgende Mittel anwenden:

1. Gründliches Reinigen der Kokillen außerhalb der Gießgrube.
2. Abfegen der fertig ausgemauerten Gespannplatten und Reinigen der Kanalsteinbohrungen durch Ausblasen.
3. Vermeiden des direkten Gusses.

## 5. Randblasen.

Es wurde schon auseinandergesetzt, wie sich beim Erstarren einer Flußeisenbramme unter normalen Verhältnissen an den Kokillenwänden eine Kruste von vollständig gasfreiem Material bildet. Diese Kruste ist jedoch nur dann gasfrei, wenn das Metall so dünnflüssig ist, daß die zuerst freiwerdenden Gase ungehindert austreten können und wenn die Gasentwicklung nicht zu heftig auftritt. Sobald das Eisen aus irgend einem Grunde dickflüssig ist, kann ein Entweichen des Gases während des Gießens nur in beschränktem Maße stattfinden. Die obersten Schichten, die durch Strahlung schnell große Wärmemengen verlieren, kommen nach beendetem Gießen bald in einen teigigen Zustand und lassen keine Gase mehr durch. Im Innern der Bramme entsteht ein starker Druck, durch den die sich bildenden Gasblasen nach den Kokillenwänden hin gepreßt werden. Der Querschnitt einer solchen Bramme hat dann nicht das in Abb. 11 dargestellte Aussehen; er zeigt vielmehr eine Reihe von langgestreckten, ganz dicht aneinander liegenden Blasen, die direkt unter der Oberfläche liegen. Im Innern ist die Bramme dann vollständig blasenfrei. Ein derartiger Querschnitt ist in Abb. 18 schematisch dargestellt. Ferner können Randblasen dadurch entstehen, daß den Kokillenwänden Fremdkörper anhaften. Die Bildung der Blasen erfolgt dann in der vorher geschilderten Weise; so erklärt es sich, daß oft nur einzelne Teile einer Bramme randblasig sind.

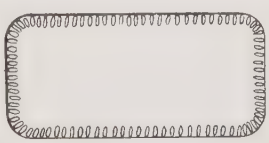


Abbildung 18.
Blasenverteilung in randblasigen Brammen.

Randblasige Brammen ergeben bei der Weiterverarbeitung in den allermeisten Fällen Ausschußbleche. Denn die dünne Metallschicht, mit der die Blasen bedeckt sind, brennt im Wärmofen durch und es dringt Schlacke in die Hohlräume ein. Die ausgewalzten Bleche sind infolgedessen mit kleinen Schlackenlöchern vollständig übersät; derartige Bleche, die man als „pockige" Bleche bezeichnet, müssen ganz in den Schrott geschnitten werden. Ferner erfolgt beim Verwalzen von randblasigen Brammen naturgemäß leicht ein Aufreißen der Blechränder; diese Erscheinung führt ebenfalls zur Verringerung des Ausbringens.

Zur Vermeidung von Randblasenbildungen, soweit dieselben durch fehlerhaftes Gießen verursacht

werden können, muß man vor allem dafür sorgen, daß das Eisen in den Kokillen nicht zu schnell und nicht zu früh abgekühlt wird. Denn wenn der Kopf der Bramme schon dickflüssig ist, bevor die Erstarrung genügend weit fortgeschritten ist und eine hinreichende Entgasung stattgefunden hat, entstehen, wie wir gesehen haben, Randblasen. Aus diesem Grunde müssen die Kokillen vor dem Gießen angewärmt werden, und zwar müssen sie mindestens handwarm sein. Ferner müssen die einzelnen Teile einer jeden Kokille eine möglichst gleichmäßige Temperatur haben; anderenfalls kann der schon erwähnte Fall eintreten, daß nur einzelne Teile der Bramme randblasig werden. Ferner sind die Kokillen in der früher angegebenen Weise außerhalb der Gießgrube gründlich zu reinigen. Des weiteren ist es notwendig, daß das Steigen des Eisens in den einzelnen Kokillen während des Gießens recht gleichmäßig erfolgt. Denn wenn infolge falscher Konstruktion der Gespannplatten oder infolge schlechter Anbringung der Kanalsteine und der Trichter eine ungleichmäßige Verteilung des Eisens auf die einzelnen Kokillen stattfindet, so kühlt sich das Material in denjenigen Kokillen, in denen es zu langsam steigt, viel zu stark ab. Auf diese Weise erklärt es sich, daß häufig nur einzelne Brammen eines Gespannes Randblasen zeigen, während bei den anderen Brammen desselben Gespannes die Blasen eine vollständig normale Lage haben. Ich habe oft die Beobachtung gemacht, daß diejenigen Brammen am meisten zur Randblasenbildung neigen, die am weitesten vom Trichter entfernt auf den Ecken der Gießplatten stehen. Anderseits ist es aber auch notwendig, nicht zu schnell zu gießen; denn in diesem Falle haben die Gase nicht Zeit genug, um regelrecht entweichen zu können. Es ist also nicht nur der Lunkerbildung, sondern auch der Randblasenbildung wegen unbedingt notwendig, auf richtige Konstruktion der Gespannplatten, sorgfältiges Einlegen der Kanalsteine und präzises Stellen der Trichter den größten Wert zu legen. Außerdem ist zu vermeiden, daß die Kokillen zu hoch vollgegossen werden, denn durch die über der Gießgrube meist in Bewegung befindliche Außenluft werden dann die Köpfe der Brammen zu schnell abgekühlt. Je nach Größe der Kokille soll die Oberfläche des eingegossenen Eisens mindestens 150 bis 250 mm unter dem oberen Rande der Kokille bleiben.

Die Mittel, die man zur Vermeidung von Randblasenbildung beim Gießen anwenden muß, sind also folgende:

1. Genügendes und gleichmäßiges Anwärmen der Kokillen.
2. Gründliches Reinigen der Kokillen außerhalb der Gießgrube.
3. Richtige Konstruktion der Gespannplatten.
4. Sorgfältiges Ausmauern der Gespannplatten und präzises Trichterstellen.
5. Vermeidung zu hohen Anfüllens der Kokillen.

## 6. Schalen.

Durch falsche Behandlung des Flußeisens beim Gießen kann verursacht werden, daß die Flächen einer Bramme nicht vollständig glatt und gesund sind, daß dieselben vielmehr ein schaliges Aussehen zeigen. Diese Schalen entstehen in folgender Weise: Während des Gießens spritzt aus irgend einem Grunde eine größere Menge Eisen gegen die Kokillenwände und erstarrt dort in Form von Schalen. Die Schalen überziehen sich sofort mit einer Oxydschicht; infolgedessen werden sie von dem die Kokille allmählich anfüllenden flüssigen Eisen nicht gelöst und treten auf der Oberfläche der erkalteten Bramme deutlich hervor. Die aus schaligen Brammen gewalzten Bleche zeigen in den meisten Fällen ebenfalls kleine oder größere schalige Absonderungen, die durch Verputzen entfernt werden müssen, also zur Ausgabe von Löhnen Veranlassung geben. Zur Vermeidung der Schalenbildung muß man vor allem dafür sorgen, daß die Kokillen eine genügend hohe Temperatur besitzen. Wenn heißes Flußeisen nämlich in eine kalte Kokille eintritt, so erfolgt durch die plötzliche Abkühlung eine sehr heftige Gasentwicklung, durch die das Material in die Höhe geschleudert wird und gegen die Kokillenwände spritzt. Außerdem entstehen Schalen naturgemäß leicht beim direkten Guß, besonders wenn der Ausguß schon etwas ausgefressen ist, so daß das Material in breitem Strahle ausfließt. Zur Vermeidung von Schalenbildungen muß man also:

1. die Kokillen gut anwärmen und
2. von der Anwendung des direkten Gusses absehen.

## 7. Die Anwendung von Lunkerthermit.

Bei Beobachtung aller der in den vorstehenden Ausführungen zusammengefaßten Vorsichtsmaßregeln ist man in der Lage, bei normaler Zusammensetzung und Temperatur des Materials Brammen herzustellen, die frei von Lunkern, übermäßigen Seigerungen, großen Blasenhohlräumen, Randblasen und Schalen sind, und die infolgedessen im Walzwerk ein verhältnismäßig gutes Ausbringen ergeben. Leider ist es jedoch im praktischen Betriebe nicht immer möglich, alle diese Vorschriften gleichzeitig streng einzuhalten, besonders wenn auf verhältnismäßig kleinem Raume große Produktionen zu bewältigen sind. Dazu kommt noch, daß manche Charge zu weich oder zu heiß abgestochen wird, insbesondere bei Verarbeitung von billigem Schrott und bei flottem Betriebe. In solchen Fällen läßt sich die Bildung von Lunkern auch durch sehr vorsichtiges Gießen nicht ganz vermeiden. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß man, wie oben auseinandergesetzt, wegen des Auftretens von starken Seigerungen oft gezwungen ist, an und für sich gesunde Blechteile in den Schrott zu schneiden. Ganz besonders stark treten die Seigerungen bei schweren Brammen hervor; bei solchen Brammen ist es auch äußerst schwierig, die Bildung von Lunkern ganz zu vermeiden. Aus diesen Gründen, also weil man nicht mit

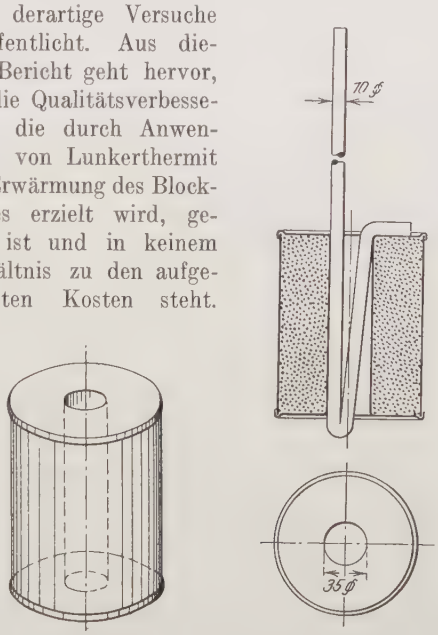
Sicherheit darauf rechnen kann, daß alle Brammen vollständig lunkerfrei sind, muß man im Blechwalzwerk von vornherein mit einem so niedrigen Ausbringen rechnen, daß die Bleche auch dann nicht wrack werden, wenn ein nicht allzu großer Lunker vorhanden ist. Infolgedessen wandert viel gutes Material unbenutzt in den Schrott. Ferner hat man infolge vereinzelten Auftretens von größeren Lunkern, von blasigen und randblasigen Brammen in jedem Blechwalzwerk mit einem gewissen Prozentsatz von Ausschußblechen zu rechnen. Man sucht deshalb schon lange nach besonderen Mitteln, durch die der Entstehung von übermäßigen Seigerungen und der Bildung von Lunkern entgegengearbeitet wird. Von den hier in Frage kommenden Verfahren ist zur Verbesserung der Qualität von Flußeisenbrammen meines Wissens nur das Harmetsche Preßverfahren in Gebrauch. Es ist in der Literatur eingehend beschrieben;* ich kann deshalb darauf verzichten, hier näher darauf einzugehen. Zur Ausübung des Verfahrens ist eine sehr kostspielige Anlage erforderlich; außerdem ist dasselbe so umständlich, daß es nur für einen kleinen Teil der Produktion des betreffenden Stahlwerks angewandt werden kann. Ferner erscheint es mir sehr fraglich, ob durch das Pressen überhaupt eine Wanderung der Seigerungsprodukte in die Blockköpfe herbeigeführt werden kann. Aus diesen Gründen ist das Harmet-Verfahren nur auf sehr wenigen Werken zur Einführung gelangt und dürfte auch in Zukunft nicht zur allgemeinen Anwendung kommen.

Viel einfacher in seiner Anwendung und absolut sicher in seiner Wirkung ist demgegenüber ein neues Verfahren zur Verbesserung von Flußeisenbrammen, das ich zusammen mit Dipl.-Ing. Biewend in den letzten Monaten nach Vornahme zahlreicher Versuche ausgebildet habe und das als „Lunkerthermit-Verfahren" zu bezeichnen ist.

Das Lunkerthermit-Verfahren beruht auf Patenten der Firma Th. Goldschmidt, A. G. in Essen. Das als Lunkerthermit bei Flußeisenblöcken zur Verwendung gelangende Thermit besteht im wesentlichen aus einer Mischung von metallischem Aluminium und Eisenoxyd in äquivalenten Mengen. Sobald dieses Gemisch auf eine Temperatur von über 1200 ° C gebracht wird, wird das Eisenoxyd durch das Aluminium zu Eisen reduziert, nach der bekannten Gleichung:

$$3\,FeO + 2\,Al = 3\,Fe + Al_2O_3.$$

Bei dieser Reaktion wird eine verhältnismäßig große Wärmemenge frei, die die Reaktionserzeugnisse auf etwa 3000 ° C erwärmt. Das Lunkerthermit ist in Büchsen eingeschlossen, die aus Eisenblech bestehen und die in Abb. 19 dargestellte Form haben. Mit Hilfe von dünnen Eisenstangen (vgl. Abb. 19) — in den meisten Fällen genügt Ausschußrundeisen von etwa 10 mm Durchmesser —, die in die Bohrungen der Büchsen eingeführt werden, bringt man die Lunkerthermit-Büchsen an diejenigen Stellen der flüssigen Metalle, an denen sie zur Wirkung kommen sollen. Man hat auf verschiedenen Werken schon vor mehreren Jahren viele Versuche mit Lunkerthermit gemacht; sie erstreckten sich jedoch meines Wissens nur auf siliziertes Material, insbesondere auf Schmiedestahl, und niemals auf nichtsiliziertes Flußeisen. Bei diesen Versuchen wollte man die Lunkerbildung dadurch verringern, daß man sofort nach dem Gießen in die Köpfe der Blöcke Lunkerthermit-Büchsen einführte und dort die erwähnte Reaktion stattfinden ließ. Durch Aufnahme der bei der Reaktion frei werdenden Wärmemenge sollten die Köpfe der Blöcke lange warm gehalten und dadurch die Lunker gemäß der Theorie verkleinert werden. A. Obholzer hat einen ausführlichen Bericht* über derartige Versuche veröffentlicht. Aus diesem Bericht geht hervor, daß die Qualitätsverbesserung, die durch Anwendung von Lunkerthermit zur Erwärmung des Blockkopfes erzielt wird, gering ist und in keinem Verhältnis zu den aufgewandten Kosten steht.




Büchse für Lunkerthermit.

Büchse mit Lunkerthermit und Einführungsstange.

Abbildung 19.

Die Erklärung hierfür liegt darin, daß die bei der Thermitreaktion entstehenden Wärmemengen viel zu klein sind, um die Temperatur des Blockkopfes in wirksamer Weise zu erhöhen, bzw. daß außerordentlich große Thermitmengen erforderlich sind, um eine derartige wirksame Erwärmung herbeizuführen. Man ging nun dazu über, die Thermitbüchse erst einige Zeit nach beendetem Gießen tief in die gefüllte Kokille möglichst bis auf die unter der Kokille liegende Gießplatte in senkrechter Richtung hineinzustoßen und die Reaktion dort stattfinden zu lassen, um auf diese Weise, wie später auseinandergesetzt werden soll,

* Ledebur, Eisenhüttenkunde, 5. Auflage, Band 3, S. 245; „Stahl und Eisen" 1902, S. 1238 und 1908, S. 1601; „Gießerei-Zeitung" 1904, S. 732.

* Siehe St. u. E. 1907, 31. Juli, S. 1117; 7. Aug., S. 1155.

kräftige mechanische Wirkungen auf das gesamte noch flüssige Blockinnere auszuüben. Ferner werden dem Lunkerthermit noch Zusätze gegeben, die im wesentlichen den Zweck haben, den Schmelzpunkt der Schlacke herabzusetzen. Auf diese Weise wird vermieden, daß Schlackenteilchen im Innern des Blockes zurückbleiben. Dieses verbesserte Verfahren wandte man zunächst ebenfalls nur auf siliziertes Material an und erzielte, wie mir Dipl.-Ing. Biewend mitteilte, auf mehreren Werken gute Ergebnisse. Durch Dr.-Ing. O. Petersen, Düsseldorf, auf das Wiedererwachen des Thermitverfahrens aufmerksam gemacht, ging ich zusammen mit Herrn Biewend dazu über, auch nicht siliziertes Flußeisen, und zwar Brammen für die Herstellung von Grobblechen, mit Lunkerthermit zu behandeln. Die erzielten Ergebnisse waren von vornherein sehr günstig; daraufhin führten wir eine systematische Ausbildung des Verfahrens durch. An Hand einer großen Zahl von Versuchen, die bei der Erzeugung von Brammen in Stückgewichten von 1000 kg und darüber ausgeführt wurden, bestimmten wir, welche Thermitmengen bei den einzelnen Blockgewichten genügen, um eine hinreichende Wirkung vollkommen sicher herbeizuführen. Ferner stellten wir fest, zu welchem Zeitpunkt nach beendetem Guß die Einführung des Thermits erfolgen, und wann nachgegossen werden muß, damit eine möglichst günstige Wirkung erzielt wird.

Auf Grund dieser Versuche wird das Lunkerthermit-Verfahren jetzt in folgender Weise ausgeführt: Das Gießen der Blöcke erfolgt in der allgemein üblichen Art entweder durch direkten Guß von oben oder durch kommunizierenden Guß im Gespann; im letzteren Falle wird man auch das Nachgießen durch den Trichter in normaler Weise ausführen. Dann läßt man die gefüllten Kokillen unberührt stehen, bis die Erstarrung soweit fortgeschritten ist, daß sich an den Wänden der Kokillen eine Kruste von beträchtlicher Dicke gebildet hat. Die Dicke der Kruste hängt naturgemäß hauptsächlich von der Größe der herzustellenden Brammen ab. Dann wird eine Lunkerthermit-Büchse in der beschriebenen Weise bis in den untersten Teil der Kokille gestoßen und dort festgehalten, bis die Thermit-Reaktion erfolgt ist. Die Thermit-Reaktion bewirkt ein plötzliches starkes Aufwallen des Eisens in der Kokille; nach beendetem Aufwallen sinkt die Oberfläche des noch flüssigen Materials je nach den Verhältnissen um etwa 70 bis 150 mm, während die erstarrten Wände stehen bleiben. Darauf gießt man möglichst sofort von oben durch direkten Guß aus der Pfanne soviel heißes Metall nach, daß die Oberfläche des noch flüssigen Blockinnern mit den erstarrten Wänden wieder auf eine Höhe kommt. Nach beendetem Aufgießen werden sofort die Kokillendeckel aufgelegt; dann bleiben die Brammen bis zur beendeten Erstarrung sich selbst überlassen.

Die Wirkung des auf diese Weise angewandten Lunkerthermits ist folgendermaßen zu erklären. Die bei der Thermitreaktion im unteren Teile der Kokille entstandenen Reaktionserzeugnisse, nämlich Thermiteisen und -schlacke, haben eine viel höhere Temperatur und sind spezifisch erheblich leichter als das sie umgebende Flußeisen; sie werden deshalb beide mit großer Gewalt nach oben geschleudert. Hierdurch wird das erwähnte starke Aufwallen des Eisens in der Kokille herbeigeführt. Es liegt auf der Hand, daß dieses starke Aufwallen eine äußerst günstige Wirkung ausüben muß. Durch dasselbe wird zunächst eine gründliche Durchmischung des gesamten noch flüssigen Metalls herbeigeführt; das oben befindliche Eisen, das durch Strahlungsverluste schon stark abgekühlt ist, wird durch heißes Metall aus dem Blockinnern ersetzt. Schon hierdurch wird der Lunkerbildung entgegengearbeitet; noch mehr geschieht dies durch die große Menge von frischem Eisen, das von oben nachgegossen wird. Die durch die Schrumpfung und die Entgasung eingetretene Volumenverminderung wird dadurch ausgeglichen, und zwar in so reichlichem Maße, daß infolge der bald stark einsetzenden Schwindung häufig überschüssiges Material mit großer Gewalt nach oben herausgepreßt wird und den Deckel emporhebt. Die Entstehung eines Lunkers ist also vollständig unmöglich gemacht. Außerdem findet eine außergewöhnlich starke Entgasung statt, und zwar zunächst deshalb, weil man nicht gezwungen ist, der Lunkervermeidung wegen die Deckel frühzeitig aufzulegen. Eine weitere Entgasung wird durch das starke Aufwallen des Materials hervorgerufen, das infolge der Thermit-Reaktion eintritt. Große und kleine Gasblasen, die bei Nichtanwendung von Thermit das schon abgekühlte, dickflüssiger gewordene Metall nicht mehr durchdrungen hätten, werden mit Gewalt nach oben gerissen. Schließlich werden auch ausgeseigerte unreine Legierungen, die unter normalen Verhältnissen oft auf ihrer Wanderung nach oben festgehalten werden, durch das Aufwallen in den Kopf des Blockes befördert und auf diese Weise unschädlich gemacht. Diese Wanderung der Seigerungen wird auch dadurch begünstigt, daß der Gasstrom nicht frühzeitig durch Deckelauflegen unterbrochen wird, und ferner dadurch, daß infolge des Nachgießens einer großen Menge von frischem Material der Kopf des Blockes außergewöhnlich lange heiß bleibt. Man ist also in der Lage, durch Anwendung von Lunkerthermit Lunker und große Blasenhohlräume mit Sicherheit vollständig zu vermeiden, ein außerordentlich dichtes, gasblasenarmes Material zu erzielen und die Seigerungen in den höchsten Teil der Blöcke zu bringen. Thermit-Blöcke ergeben aus diesen Gründen im Walzwerk ein außergewöhnlich hohes Ausbringen. So können zum Beispiel Bleche, die aus Thermit-Brammen hergestellt sind, bis zum äußersten ausgenutzt werden; nur die Ueberwalzungen vom Kopf und Fuß und die Ränder fallen als Schrott ab. Da die Wirkung des Lunkerthermits bei richtiger An-

wendung eine vollkommen sichere ist, kann man im Blechwalzwerk bei Verwendung von Thermit-Brammen von vornherein mit einem wesentlich höheren Ausbringen rechnen als beim Auswalzen von gewöhnlichen Brammen. Ferner fallen die unter normalen Verhältnissen in nicht unerheblicher Menge vorkommenden Ausschußbleche fast ganz weg. Das Gesamtausbringen wird also wesentlich gesteigert; dabei sind die Kosten, die durch die Behandlung mit Lunkerthermit entstehen, verhältnismäßig gering. In Zahlentafel 6 sind die einzelnen zur Verwendung gelangenden Büchsengrößen, ihr

Zahlentafel 1. Bezeichnungen und Preise der Thermitbüchsen für verschiedene Blockgewichte.

| Bezeichnung der Büchsensorte | Inhalt kg | Preis für die Büchse ℳ | Blockgewichte t |
|---|---|---|---|
| 00 | 0,65 | 1,90 | 1—1,7 |
| 0 | 1,3 | 3,30 | 1,7—3,5 |
| 1 | 2,5 | 6,35 | 3,5—8,0 |

Preis und die Brammengewichte, für die sie unter den vorliegenden Verhältnissen angewandt werden, aufgeführt.

Bisher hatte ich keine Gelegenheit, schwerere Blöcke mit Thermit zu behandeln; die Firma Goldschmidt hat jedoch für solche Blöcke weitere Büchsengrößen vorgesehen. Die Ausgaben für das Ausschußrundeisen, das zur Einführung der Büchsen dient, werden annähernd dadurch wettgemacht, daß das bei der Thermit-Reaktion entstehende Eisen von der Bramme aufgenommen und somit gewonnen wird.

Im folgenden seien nun die Ergebnisse einiger der vielen Versuche bekanntgegeben, die zur Feststellung der Wirkung des Lunkerthermits ausgeführt wurden. Zunächst sei der erste Versuch mitgeteilt, bei dem Lunkerthermit zur Verbesserung der Qualität von nicht siliziertem Flußeisen zur Anwendung gebracht wurde. Bei Charge 1143 vom 12. Juli 1911 wurden zwei Brammen von je rd. 5800 kg Stückgewicht gegossen. Die eine der beiden Brammen wurde in der geschilderten Weise mit Thermit behandelt; bei der anderen dagegen kam kein Thermit zur Anwendung. Die mit Thermit behandelte Bramme wurde zu einem Blech von 2927 mm Breite, 19 mm Dicke und 9850 mm Länge ausgewalzt. Das Ausbringen betrug 75 %. Eine Zerreißprobe vom Fuß des Bleches ergab 35,7 kg/qmm Festigkeit bei 31 % Dehnung; eine solche vom Kopf 37,6 kg/qmm Festigkeit bei 29,5 % Dehnung. Die Doppelungslänge am Kopf des Bleches maß 250 mm. Die ohne Thermit gegossene Bramme wurde zu einem Blech von 3070 mm Breite, 23 mm Dicke und 6340 mm Länge ausgewalzt. Das Ausbringen belief sich auf 68 %. Eine vom Fuß des Bleches entnommene Zerreißprobe zeigte eine Festigkeit von 35,3 kg/qmm bei 33 % Dehnung, während eine Probe vom Kopf des Bleches 38,6 kg/qmm Festigkeit bei 25 % Dehnung hatte. Die Doppelungslänge war 600 mm.

Weitere Versuchsergebnisse enthält Zahlentafel 7; die dort aufgeführten Brammen wurden sämtlich auf einem Gespann gegossen. Auch auf analytischem Wege konnten wir die große Gleichmäßigkeit des mit Thermit behandelten Materials feststellen. Zahlentafel 8 gibt einige dieser Analysenergebnisse zusammen mit den entsprechenden Festigkeitszahlen.

Derartige Versuche wurden in großer Anzahl durchgeführt und lieferten immer dieselben Ergebnisse. Niemals wurden auch nur einigermaßen bemerkenswerte Lunker gefunden, und die Seigerungen waren trotz äußerster Ausnutzung der Bleche verhältnismäßig sehr gering. Die günstigen Ergebnisse der Einzelversuche ermutigten uns, zur Erzielung eines Massenergebnisses große Mengen

Zahlentafel 2. Versuchsergebnisse mit Lunkerthermit.

| Bemerkung | Blech-Nr. | Blockgewicht kg | Breite des Bleches mm | Dicke des Bleches mm | Doppelungslänge mm | Zerreißfestigkeit kg/qmm | Dehnung % | Probestelle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mit Thermit . . | 1 | 1285 | 2355 | 11 | 160 | 36,8 | 32,0 | Fuß |
| | | | | | | 38,7 | 28,5 | Kopf |
| „ „ . . | 2 | 1295 | 2100 | 10 | 120 | 36,6 | 30,0 | Fuß |
| | | | | | | 37,8 | 28,0 | Kopf |
| „ „ . . | 3 | 1295 | 2355 | 11 | 120 | 36,1 | 32,0 | Fuß |
| | | | | | | 38,2 | 29,5 | Kopf |
| „ „ . . | 4 | 1290 | 2355 | 11 | 120 | 36,4 | 31,0 | Fuß |
| | | | | | | 38,1 | 29,5 | Kopf |
| Ohne „ . . | 5 | 1245 | 2115 | 10 | 770 | 36,8 | 28,0 | Fuß |
| | | | | | | 41,9 | 20,0 | Kopf |

Zahlentafel 3. Analysen und Zerreißproben von Thermitblechen.

| Blech-Nr. | Analysen | | | | | | | | Entsprechende Zerreißproben | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kopf | | | | Fuß | | | | Kopf | | Fuß | |
| | C % | Mn % | P % | S % | C % | Mn % | P % | S % | Festigkeit kg/qmm | Dehnung % | Festigkeit kg/qmm | Dehnung % |
| 1 | 0,082 | 0,40 | 0,022 | 0,040 | 0,078 | 0,40 | 0,019 | 0,038 | 37,9 | 28,0 | 36,2 | 30,5 |
| 2 | 0,072 | 0,49 | 0,048 | 0,046 | 0,070 | 0,48 | 0,033 | 0,040 | 37,7 | 29,5 | 36,2 | 32,0 |
| 3 | 0,076 | 0,45 | 0,028 | 0,020 | 0,070 | 0,43 | 0,026 | 0,018 | 38,2 | 27,5 | 36,0 | 31,5 |
| 4 | 0,071 | 0,47 | 0,040 | 0,030 | 0,069 | 0,45 | 0,032 | 0,026 | 36,8 | 28,5 | 35,1 | 32,0 |
| 5 | 0,082 | 0,45 | 0,028 | 0,020 | 0,074 | 0,43 | 0,026 | 0,018 | 38,6 | 26,5 | 36,1 | 31,0 |

von Brammen in möglichst verschiedenen Stückgewichten mit Lunkerthermit zu behandeln. Es wurde in der Zeit vom 12. Juli bis 31. Oktober 1911, wie in Zahlentafel 9 zusammengestellt, bei 4409 Brammen in Stückgewichten von 1000 bis 8000 kg Lunkerthermit zur Anwendung gebracht.

Zahlentafel 9. Gewichte der behandelten Brammen und Kosten des angewandten Thermits.

| Anzahl der Brammen | Gewicht der Brammen t |
|---|---|
| 2134 | 1,0 bis 1,5 |
| 1200 | 1,5 „ 2,0 |
| 532 | 2,0 „ 2,5 |
| 206 | 2,5 „ 3,0 |
| 157 | 3,0 „ 3,5 |
| 72 | 3,5 „ 4,0 |
| 70 | 4,0 „ 4,5 |
| 23 | 4,5 „ 5,0 |
| 6 | 5,5 „ 6,0 |
| 9 | 7,5 „ 8,0 |
| 4409 | |

Das Gesamtgewicht dieser 4409 Brammen betrug 7628 t; sie stammten von 391 Chargen. Zur Verwendung gelangten:

| | ℳ |
|---|---|
| 2869 Büchsen Lunkerthermit Nr. 00 zu 1,90 ℳ | 5 451,10 |
| 1302 Büchsen Lunkerthermit Nr. 0 zu 3,30 ℳ | 4 296,60 |
| 238 Büchsen Lunkerthermit Nr. 1 zu 6,35 ℳ | 1 511,30 |
| 4409 Büchsen Lunkerthermit i. Gesamtw. von | 11 259,00 |

Die Kosten der Behandlung mit Lunkerthermit betrugen also 1,47 ℳ f. d. t Brammen.

Die mit Lunkerthermit behandelten Brammen wurden sämtlich verwalzt, und zwar setzte man sie von vornherein 3 bis 5 % leichter ein als gewöhnliches Material. Von den 4409 gewalzten Blechen zeigten nur 16 irgendwelche Fehler, die auf die Materialbeschaffenheit zurückzuführen waren. Das Gesamtgewicht der Brammen, von denen diese 16 Wrackbleche stammten, betrug 22 500 kg, das Gesamteinsatzgewicht, wie aus Tafel 9 ersichtlich, 7628 t. Der Ausschuß belief sich demnach auf weniger als 0,3 % des Einsatzes; er war also verschwindend gering. Im ganzen ergab sich auf diese Weise eine Erhöhung des Ausbringens um mehr als 5 % des Einsatzes. Rechnen wir den Unterschied zwischen Blechpreis und Schrottpreis mit 60 ℳ/t, so erhalten wir durch die Verwendung von Thermit-Brammen für das Blechwalzwerk eine Ersparnis von $\frac{7628 \cdot 5}{100} \cdot 60$ = 22 880 ℳ, während das Stahlwerk nur 11 260 ℳ für Thermit verausgabt hatte. Der Reingewinn betrug also 11 620 ℳ oder rd. 1,50 ℳ für die Tonne Einsatz. Dazu kommen noch andere große Vorteile, die sich nicht zahlenmäßig festlegen lassen, nämlich in erster Linie die Erhöhung der Erzeugung ohne Vergrößerung der Anlage und die Verringerung der entfallenden Schrottmenge. Sehr schwer fällt ferner ins Gewicht, daß infolge des fast vollständigen Wegfallens von Wrackblechen der Arbeitsgang im Walzwerk ein außerordentlich glatter ist, denn es tritt kein Aufenthalt im Betriebe und keine Verzögerung in der Erledigung der Kommissionen durch Verschneiden und Verputzen von Ausschußblechen ein. Weitere große Vorteile ergeben sich aus der Qualitätsverbesserung, die durch die Anwendung von Lunkerthermit herbeigeführt wird; so erfolgt z. B. die Abnahme von Thermit-Blechen wegen der sehr gleichmäßigen mechanischen Eigenschaften stets auch dann ohne jede Schwierigkeit, wenn man die Bleche vollständig ausgenutzt hat.

In dem Lunkerthermit-Verfahren ist also ein geradezu ideales Mittel zur Verbesserung der Qualität von Flußeisenbrammen gefunden. Man hat zu seiner Einführung nicht die geringsten Anlagekosten aufzuwenden, seine Anwendung ist äußerst einfach und seine Wirkung absolut sicher. Dabei sind die Kosten des Lunkerthermits verhältnismäßig gering und stehen in keinem Verhältnis zu den außerordentlichen Vorteilen, die durch seinen Gebrauch erreicht werden.

* * *

Die Anregung zur Anfertigung dieser Arbeit verdanke ich Herrn Professor Oskar Simmersbach in Breslau. Bei der Durchführung meiner Untersuchungen fand ich wertvolle Unterstützung von seiten der Herren Direktor Rinne, Betriebschef J. Klein, Betriebsassistent Klockenberg und Dipl.-Ing. Biewend. Den genannten Herren spreche ich auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aus.

# Literatur-Verzeichnis.


Auchy, Mechanically held impurities in Steel. „Iron Age" 1910, 13. Jan., S. 108/10.

Beutter, Das Verhalten des Flußeisens in den Blockformen und das Verdichten der Blöcke. „Comptes rendus mensuels des Réunions de la Société de l'Industrie Minérale" 1902, Märzheft, S. 78 bis 85.

Daelen, Walter. Das Verdichten von Stahlblöcken während des Erstarrens in der Gußform (Verfahren von Harmet). „Stahl und Eisen" 1902, Nr. 22, S. 1238 bis 1242.

De Tunzelmann, Das Slavianoffsche Verfahren zur Herstellung dichter Gußblöcke. „Feildens Magazine" 1900, Oktoberheft, S. 393.

Dudley, Piping and Segregation in Steel Ingots. „Iron Age" 1909, 23. Dezember, S. 1880/82. „Bulletin of the American Institute of Mining Engineers" 1909, Dez., S. 119/23.

Fay, A. E., Verschiedene Verfahren zum Komprimieren des flüssigen Stahls. „Iron Age" 1901, 31. Januar, S. 29 bis 30.

Fischer, R., Das Verfahren von Harmet zur Erzielung dichter Stahlblöcke. „Gießerei-Zeitung" 1904, Nr. 21, S. 732 bis 735.

Goerens, P., Ueber den augenblicklichen Stand unserer Kenntnis der Erstarrungs- und Erkaltungsvorgänge bei Eisenkohlenstofflegierungen.

Grönwall, Why is Electrosteel sometimes unhomogenous? „Metallurgical and chemical Engineering" 1910, Jan., S. 34.

Hadfield, R., Versuche über die Seigerung in Stahlblöcken. „Revue de Métallurgie" 1910, Nr. 12, S. 1133.

Harmet, H., Verdichten des flüssigen Stahles in den Blockformen durch Preßziehen. „Journal of the Iron and Steel Institute" 1902, II. Band, S. 146 bis 219.

Héroult, P., Gase im Stahl. „Iron Age" 1910, S. 1170.

Howe, H. M., Ueber Lunkerbildung und Seigerungserscheinungen in Stahlblöcken. „Transactions of the American Institute of Mining Engineers", Band 36 u. 39. Siehe auch „Stahl und Eisen" 1906, S. 1373 und 1908, S. 116. Diskussion dazu von Dudley, Bulletin of the American Institute of Mining Engineers 1909, Nr. 36, S. 1119.

Howe, H. M., Ueber den Einfluß des Gießens auf Lunkern und Seigern. (Eine experimentelle Studie an Wachsblöcken.) „Stahl und Eisen" 1908, S. 116.

Howe, H. M., Ueber das Schließen der Gasblasen in Stahlblöcken. „American Society for Testing Material" 1909, S. 327.

Howe, H. M., Ueber das Zusammenschweißen von Gasblasen in Stahlblöcken. „Proceedings of the American Society for Testing Material" 1910, S. 179.

Howe, H. M., Ueber das Schließen und Zusammenschweißen von Gasblasen in Stahlblöcken. „British Association" 1910, Sheffield, Vortrag Section B.

Howe, H. M., Einfluß des längeren Flüssigbleibens des Blockkopfes gegenüber dem unteren Ende des Blockes auf die Tiefe des Lunkers. „Bulletin of the American Institute of Mining Engineers" 1911, S. 1055.

Howe, H. M., Piping in Steel Ingots. Influence of Toplag on the depth of the Pipe. „Iron Age" 1910, 6. Januar, S. 17.

Knight, S. S., Ueber Seigerungserscheinungen im Stahlguß. „Iron Age" 1910, 3. März, S. 496.

Ledebur, A., Aluminiumzusatz zu Gußeisen. Nach G. Melland und H. W. Valdron bearbeitet. „Stahl und Eisen" 1901, S. 54.

Messerschmidt, A., Guß von oben, Guß von unten. „Stahl und Eisen" 1905, S. 502.

Milesi, Ambrogio, Herstellung dichter Gußstücke. „L'industrie" 1900, Nr. 25, S. 391 bis 394.

Moissan, H., Ausdehnung und Zusammenziehung des Eisens. „Stahl und Eisen" 1905, S. 502.

Münker, E., Ueber Gase im flüssigen Roheisen. „Stahl und Eisen" 1904, S. 23.

Neuburger, Dr. A., Verwendung von Kryptol zur Vermeidung der Lunkerbildung. „Eisen-Zeitung" 1904, Nr. 39, S. 565/566.

Obholzer, A., Zur Frage der Vermeidung von Lunkerbildung. „Stahl und Eisen" 1907, S. 1117 u. 1155.

Osann, B., Das Harmetverfahren im Martinbetriebe der Gewerkschaft Deutscher Kaiser in Bruckhausen. „Stahl und Eisen" 1908, S. 160.

Osann, B., Das Lunkern des Eisens. „Stahl und Eisen" 1911, Nr. 17, S. 673.

v. Paravicini, Verminderung der Lunkerbildung bei Stahlguß. „Stahl und Eisen" 1910, S. 216.

Riemer, Julius, Ein neues Verfahren zum Verdichten von Stahlblöcken in flüssigem Zustande. „Stahl und Eisen" 1903, Nr. 21, S. 1196 bis 1203.

Derselbe, Weitere Entwicklung des Riemerschen Verfahrens zur Herstellung dichter Stahlblöcke. „Stahl und Eisen" 1904, Nr. 7, S. 392 bis 394.

Sauveur, A., Eine graphische Darstellung der Erstarrung gewisser Legierungen. „Metallurgie" 1908, S. 494.

Sauveur, A. und Whiting, J., Herstellung dichter Blöcke. „Iron Age" 1903, 16. Juli, S. 4 bis 6. „The Metallographist" 1903, Nr. 3, S. 195 bis 203.

Das Sauveursche Verfahren zur Vermeidung von Lunkerbildungen in Stahlblöcken. „Stahl und Eisen" 1903, Nr. 19, S. 1115.

Herstellung dichter Blöcke. „Der Ingenieur" 1904, Nr. 9, S. 165 bis 170.

Temmikow, Iw., Ueber die Herstellung dichter Stahlblöcke. „Gorny Journal" 1902, Septemberheft, S. 279 bis 321 und Oktoberheft, S. 1 bis 28.

Treuheit, L., Ueber die Mittel zur Erzielung dichter und spannungsfreier Stahlformgußstücke. „Stahl und Eisen" 1905, S. 715.

Vetter, H., Ueber das Schwinden des Gußeisens. „Stahl und Eisen" 1910, S. 915.

Waterhouse, Effect of Titanium on Segregation. „Iron Trade Reviws" 1910, 7. Juli, S. 44/45.

Weber, Dr. F. C., Herstellung dichter Stahlblöcke. „Iron Age" 1903, 12. November, S. 6 u. 7.

Wüst, F., Ueber die Schwindung der Metalle und Legierungen. „Metallurgie" 1909, S. 769.

Wüst, F., und Felser, H. L., Der Einfluß der Seigerungen auf die Festigkeit des Flußeisens. „Metallurgie" 1910, S. 363.

Zdanowicz, A. W., 1000-t-Presse zum Verdichten des Stahles. „Le Génie Civil" 1901, 10. August, S. 240 bis 242.

# Lebenslauf des Verfassers.

Ich, Carl Canaris, wurde geboren am 7. Dezember 1881 zu Rümelingen in Luxemburg, wo mein Vater als Hochofendirektor tätig war. Meine Schulbildung erhielt ich auf dem Kgl. Realgymnasium zu Duisburg; dort bestand ich im April 1900 die Reifeprüfung. Vom 1. Oktober 1900 bis 1. Oktober 1901 diente ich beim Ersten Westfälischen Pionier-Bataillon Nr. 7 in Köln-Deutz. Dann studierte ich Hüttenkunde an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin und an der Kgl. Bergakademie zu Berlin und bestand am 23. Dezember 1904 die Prüfung als Diplomierter Hütteningenieur. Mit dem 1. Januar 1905 trat ich in die Dienste der Niederrheinischen Hütte als Betriebsingenieur für das neu zu errichtende Martinwerk. Am 1. August 1906 wurde mir die Leitung dieses Martinwerks übertragen. Vom 1. April 1907 bis 1. März 1910 war ich Stahlwerkschef der Acciaierie e Ferriere di Pra in Pra bei Genua; für diese Firma erbaute ich selbständig ein neues Martinwerk. Seit dem 1. März 1910 stehe ich als Stahlwerkschef in den Diensten der Blechwalzwerk Schulz Knaudt A. G. in Angerort bei Duisburg; am 30. Oktober 1911 wurde mir Prokura erteilt.